

MINYAK BIJI KETAPANG (*Terminalia catappa* L) SEBAGAI BAHAN PELUNAK DALAM PEMBUATAN KOMPON KARET

KETAPANG (*Terminalia catappa* L) OIL SEED AS A PLASTICIZER IN RUBBER COMPOUNDING

Rahmaniar

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang

e-mail : rahmaniar_een@yahoo.co.id

Diajukan: 17 April 2013; Dinilai: 22 April – 28 Mei 2013; Disetujui: 03 Juni 2013

Abstrak

Bahan pelunak merupakan salah satu bahan kimia inti sebagai penyusun struktur molekul yang banyak digunakan dalam pembuatan kompon untuk barang jadi karet. Bahan pelunak pada pembuatan kompon karet banyak digunakan berasal dari minyak bumi (petroleum oil) yaitu jenis minyak mineral tetapi mempunyai kelemahan, antara lain tidak ramah lingkungan, menyebabkan iritasi, korosif dan bersifat karsinogenik. Oleh karena itu perlu adanya alternatif penggunaan bahan pelunak yang lain yang dapat diperbarui yaitu minyak yang berasal dari bahan nabati. Bahan pelunak alternatif yang berasal minyak nabati seperti minyak biji ketapang. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan formulasi yang tepat dalam kompon karet dengan penambahan minyak biji ketapang, untuk pembuatan karet pegangan setang sepeda motor yang memenuhi standar SNI 06 – 7031 – 2004. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 (dua) faktor, 2 (dua) kali ulangan. Faktor pertama variasi konsentrasi bahan pelunak (P), yaitu : P1 : Minyak ketapang 5 phr dan P2 : Minyak ketapang 15 phr. Faktor kedua variasi konsentrasi bahan pengisi (C), yaitu : C1: Carbon Black (N 330) 40 phr dan C2 : Carbon Black (N 330) 60 phr. Hasil uji formula 2 untuk parameter kekerasan 69 shore A, tegangan putus 147 kg/cm² dan perpanjangan putus 605%. Sedangkan hasil uji pengusangan nilai kemunduran tegangan putus yang baik diperoleh pada formula 3 yaitu 126 kg/cm², nilai kemunduran perpanjangan putus setelah pengusangan yang baik diperoleh pada formula 2 yaitu 134 % dan kekerasan kompon karet setelah pengusangan yang baik diperoleh pada formula 1 yaitu 65 shore.

Kata kunci : Minyak ketapang, kompon karet, *grip handle*, pelunak

Abstract

Plasticizers is one of the chemical of compound manufacturing for finished rubber goods. Rubber compound will harden if it hasnt sufficient plasticizers. Plasticizers is currently being derived from crude oil (petroleum oil) which is a type of mineral oil, it has a weakness, among others, are not environmentally friendly, irritating, corrosive and carcinogenic. Therefore the need for alternative use of other plasticizers such as renewable one that derived from plant materials. This study aims to get the right formula in the rubber compound with addition of Terminalia Catappa L seed oil extract (TCE) as a plasticizer for handgrip motorcycles rubber that meet the standards of SNI 06-7031 -2004. The Design Research id using completely randomized design (CRD) with 2 (two) factor and 2 (two) replications. The first factor variation plasticizers concentration (P), P1: TCE 5 phr and P2: TCE 15 phr. The second factor variation filler concentration (C), C1: Carbon Black (CB N 330) 40 phr and C2: Carbon Black (N 330) 60 phr. Results showed that the best formula treatment is combination of 5 phr TCE and CB N 330 60 phr, that meet the standard requirements SNI 06-7031-2004 and the test results are hardness 69 shore A, tensile strength 147 kg/cm², elongation at break 605%. The best test results for aging as decreasing tensile strength is formula III 126 kg/cm², decreasing elongation at break is formula II 134% and decreasing Hardness is formula I 65 Shore A.

Keywords : *grip handle, minyak ketapang, plasticizer, rubber compound*

PENDAHULUAN

Pembuatan kompon karet bertujuan untuk mendapatkan campuran yang homogen antara bahan baku karet dengan bahan-bahan pembantu menggunakan gilingan untuk membuat barang jadi tertentu (Soedarman, 1995). Dalam pembuatan kompon karet agar dihasilkan barang jadi karet yang layak digunakan, terlebih dulu karet mentah dicampur dengan bahan kimia misalnya bahan pelunak. Bahan pelunak merupakan salah satu bahan kimia inti sebagai penyusun struktur molekul yang banyak digunakan dalam pembuatan kompon untuk barang jadi karet. Bahan pelunak merupakan senyawa organik yang dikenal dengan nama *peptiser, plasticiser* dan *softener*.

Campuran antara karet dengan bahan-bahan tersebut dikenal dengan nama kompon karet (Alfa, 2005). Kompon karet akan mengalami pengerasan bila tidak diimbangi dengan bahan pelunak yang cukup. Pengerasan akan mengakibatkan kualitas produk barang jadi karet menurun, oleh karena itu perlu adanya campuran bahan pelunak. Bahan pelunak pada pembuatan kompon karet saat ini banyak digunakan berasal dari minyak bumi (*petroleum oil*) yaitu jenis minyak mineral seperti parafinik, naftenik dan aromatik. Bahan pelunak yang berasal dari minyak bumi mempunyai kelemahan, antara lain tidak ramah lingkungan, menyebabkan iritasi, korosif dan bersifat karsinogenik. Produksi minyak bumi di Indonesia pada tahun 1970 hingga 1990 cukup potensial, setelah periode tersebut produksi minyak bumi mengalami penurunan 5-15%. Cadangan minyak bumi hanya dapat diproduksi selama jangka waktu 20 tahun kedepan (Laporan Kegiatan BPMIGS, 2004). Oleh karena itu perlu adanya alternatif penggunaan bahan pelunak yang lain yang dapat diperbarui yaitu minyak yang berasal dari bahan nabati. Indonesia kaya akan sumber daya alam seperti minyak nabati diantaranya adalah minyak biji ketapang. Bahan pelunak alternatif yang berasal minyak nabati seperti minyak biji ketapang.

Biji ketapang (*Terminalia Catappa L.*) merupakan salah satu sumber minyak nabati. Rendemen minyak ketapang hasil ekstraksi 51,25% b/b menyerupai minyak kelapa sawit dan minyak wijen, sehingga biji ketapang berpeluang digunakan sebagai sumber minyak nabati. Minyak ketapang mengandung metil palmitat (35,63%), metil oleat (33,49%), metil linoleat (24,49%), dan metil stearat (4,66%). Kandungan asam palmitat dalam bentuk ester yang tinggi mirip dengan kandungan asam palmitat pada minyak kelapa sawit. Pemanfaatan biji ketapang belum begitu maksimal bahkan biji ketapang biasanya hanya menjadi limbah. Minyak biji ketapang dapat dijadikan sebagai bahan baku atau tambahan pada industri, salah satunya dapat digunakan sebagai bahan pelunak dalam pembuatan kompon karet. Minyak biji ketapang berpeluang untuk digunakan sebagai minyak pangan dan bahan baku industri sabun, lilin minyak pelumas (Agatemor, 2006).

Struktur dasar karet alam adalah rantai linear unit isoprene (C_5H_8) yang berat molekul rata-ratanya tersebar antara 10.000 hingga 400.000 g/mol. Ikatan ganda antara atom C ($C = C$) merupakan bagian yang reaktif dalam proses polimerisasi, sehingga tersusun rantai molekul yang panjang, serta reaktif dalam proses terjadinya ikatan silang (*cross linking*) saat vulkanisasi (Haris, 2004).

Karet pegangan setang (*grip handle*) sepeda motor adalah karet vulkanisat yang berbentuk dan berukuran tertentu yang berfungsi sebagai alas pegangan pengendara sepeda motor. Karet pegangan setang sering mengalami kerusakan, yaitu akibat pengaruh cuaca atau pemakaian. Sehubungan dengan hal tersebut di atas maka dilakukan penelitian dengan judul "Pemanfaatan pelunak dari minyak biji ketapang untuk pembuatan karet pegangan stang sepeda motor. Adapun tujuan mendapatkan formulasi yang tepat dalam kompon karet dengan penambahan minyak biji ketapang, untuk pembuatan karet pegangan setang sepeda motor yang memenuhi standard SNI 06 – 7031 – 2004.

BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah karet alam : NR, EPDM, ZnO, SA, Carbon N 330, Minyak biji ketapang, Cumaron resin, CBS, TMTD, TMQ, Sulfur dan bahan untuk uji mutu produk di laboratorium.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan *mettler* p1210 kapasitas 1200 g, timbangan duduk merek Berkel kapasitas 15 kg, open mill L 40 cm D18 cm kapasitas 1 kg, *cutting scrab* besar, gunting, kuas dan seperangkat alat ekstraksi.

B. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan beberapa percobaan di laboratorium meliputi pengadaan bahan baku dan bahan kimia, penimbangan bahan baku dan bahan kimia, pembuatan kompon karet pegangan stang sepeda motor dengan menggunakan variasi bahan pelunak dan variasi bahan pengisi.

Penelitian dilakukan untuk meningkatkan sifat fisis pada barang jadi karet, sehingga didapatkan komposisi yang tepat. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 (dua) faktor, 2 (dua) kali ulangan

Faktor pertama variasi konsentrasi bahan pelunak (P), yaitu :

P₁ : Minyak ketapang 5 phr

P₂ : Minyak ketapang 15 phr

Faktor kedua variasi konsentrasi bahan pengisi (C), yaitu :

C₁: *Carbon Black* (N 330) 40 phr

C₂ : *Carbon Black* (N 330) 60 phr

Dalam penelitian ini formula pembuatan kompon karet dengan menggunakan minyak biji ketapang terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Formula kompon karet

NO	Nama Bahan	Formula (phr)			
		1	2	3	4
1.	NR	75	75	75	75
2.	EPDM	25	25	25	25
3.	ZnO	5	5	5	5
4.	SA	2	2	2	2

5.	CB N 330	40	60	40	60
6.	Minyak Ketapang	5	5	15	15
7.	Cumaron Resin	3	3	3	3
8.	CBS	0,7	0,7	0,7	0,7
9.	TMTD	0,5	0,5	0,5	0,5
10	TMQ	1,5	1,5	1,5	1,5
11.	Sulphur	2,0	2,0	2,0	2,0

Tahapan percobaan penelitian ini adalah sbb :

1. Ekstraksi Minyak Biji Ketapang

Biji ketapang yang telah hancur ditimbang sebanyak 100 g, lalu dibungkus dengan kertas saring dan dimasukkan ke dalam alat soxlet. Air pendingin kemudian dialirkan melalui kondensor. Ekstraksi dilakukan dengan menggunakan 450 mL n-Heksana selama 8 jam. Selanjutnya n – Heksana yang telah mengandung ekstrak minyak dievaporasi sampai minyak menjadi pekat. Minyak yang diperoleh dihitung beratnya dan ditentukan *yield (oil yield)*.

2. Prosedur kerja pembuatan kompon karet

a. Persiapan bahan

Bahan kimia dari masing-masing formula kompon ditimbang sesuai dengan yang telah ditentukan. Jumlah dari setiap bahan didalam formula kompon dinyatakan dalam PHR (berat per seratus karet) dengan memperhatikan faktor konversinya.

b. Mixing(pencampuran)

Proses pencampuran dilakukan dalam gilingan terbuka (*open mill*), yang telah dibersihkan. Selanjutnya dilakukan proses

1) Mastikasi bahan baku selama 1-3 menit.

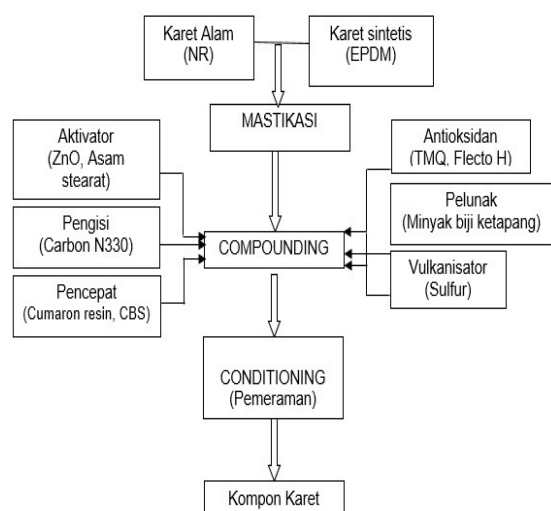
Sebelum bahan baku karet alam dicampur dengan bahan pembantu, terlebih dahulu bahan baku karet tersebut dilunakan mastikasi atau diplastisasi dengan cara digiling (Abednego, 1998).

2) Tambahkan bahan - bahan kimia sesuai dengan urutan pencampuran bahan.

3) Vulkanisasi proses yang merupakan proses akhir yakni pencampuran belerang, sehingga mencapai kematangan yang diinginkan.

4) Kompon dikeluarkan dari *open mill* dan tentukan ukuran ketebalan

lembaran kompon dan letakkan diatas plastik transparan, potong kompon disesuaikan dengan barang jadi yang akan dibuat. Lakukan prosedur ini untuk kompon 1 sampai dengan kompon 4. Tahapan proses pembuatan karet kompon terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Proses Pembuatan Kompon

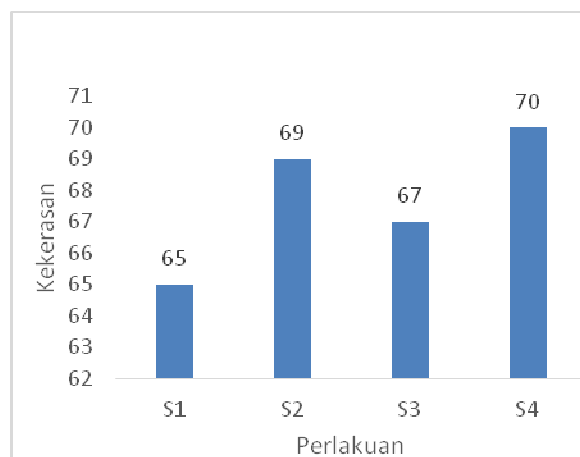
Kompon karet pegangan stang sepeda motor yang dihasilkan akan diuji mutunya sehingga dapat diketahui kelemahan maupun kelebihanannya. Terhadap kompon karet yang dihasilkan dilakukan pengujian sifat fisika. Parameter yang diamati : Kekerasan, shore A, tegangan putus, kg/cm², Perpanjangan Putus, %, Pengusangan pada suhu 70 °C, selama 72 Jam, untuk parameter Tegangan Putus, Perpanjangan Putus dan Kekerasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kekerasan (*Hardness*), Shore A

Kekerasan vulkanisat karet merupakan besarnya pergerakan jarum skala penunjuk ukuran, akibat besarnya tekanan balik dari vulkanisat karet terhadap jarum penekan yang melalui suatu mekanisme alat dihubungkan dengan pegas yang akan mengerakkan jarum penunjuk ukuran kekerasan (Kusnata, 1976). Uji kekerasan dilakukan

untuk mengetahui besarnya kekerasan *vulkanisat* karet dengan kekuatan penekanan tertentu. Kekerasan kompon karet dipengaruhi jumlah optimum dari penambahan bahan pelunak, yang akan meningkatkan elastisitas dari kompon karet. Pada Gambar 2 dapat dilihat hasil uji kekerasan karet pegangan setang sepeda motor yang menggunakan beberapa formula.



Gambar 2. Hasil uji kekerasan karet pegangan setang Sepeda Motor dengan Beberapa Formula

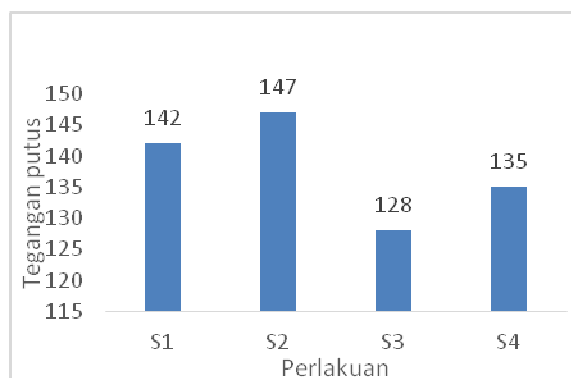
Hasil pengujian kekerasan kompon karet pegangan setang sepeda motor nilai tertinggi terdapat pada Formula 4 yaitu sebesar 70 shore A, nilai terendah pada Formula 1 yaitu sebesar 65 shore A. Persyaratan uji untuk kekerasan karet pegangan setang sepeda motor menurut SNI 06-7031-2004 adalah 70 ± 5 shore A. Formula yang memenuhi persyaratan standar adalah seluruh formula.

Karet alam cenderung menurunkan nilai kekerasan barang jadi karet, hal ini disebabkan karet alam bersifat lentur dan mempunyai friksi yang baik pada suhu normal, sehingga pemakaian karet alam akan membuat kompon karet menjadi lunak. Kekerasan kompon karet terjadi, karena adanya reaksi ikatan silang antara gugus aldehida pada rantai poliisoprene (1-6 tiap rantai) dengan gugus aldehida terkondensasi yang ada didalam bahan bukan karet (Refrizon, 2003). Penambahan minyak akan melunakkan kompon dan akan menurunkan jumlah ikatan silang yang terbentuk (Thomas, 2003). Bahan pelunak minyak biji

ketapang dengan formula 2 69 shore A memberikan nilai kekerasan yang lebih baik sesuai dengan syarat mutu kompon untuk karet pegangan stang sepeda motor.

B. Tegangan putus (*Tensile strength*), kg/cm²

Tegangan putus adalah besarnya beban yang diperlukan untuk meregangkan potongan uji sampai putus, dinyatakan dengan kg tiap cm² luas penampang potongan uji sebelum diregangkan. Dengan pengujian ini dapat ditetapkan waktu vulkanisasi optimum suatu kompon dan pengaruh pengusangan pada waktu vulkanisasi. Vulkanisasi merupakan suatu proses pembentukan jaringan tiga dimensi pada struktur molekul karet sehingga karet berubah sifat dan thermoplastik menjadi stabil terhadap panas dengan perbaikan pada sifat-sifat elastisitasnya.



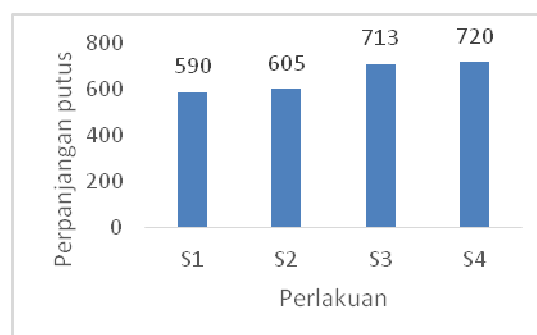
Gambar 3. Hasil uji tegangan putus karet pegangan setang sepeda motor dengan beberapa formula.

Gambar 3 dapat dilihat hasil uji tegangan putus karet pegangan setang sepeda motor yang menggunakan beberapa formula. Hasil pengujian tegangan putus kompon karet pegangan setang sepeda motor nilai tertinggi terdapat pada Formula 2 yaitu sebesar 147 kg/cm², nilai terendah pada Formula 3 yaitu sebesar 128 kg/cm². Persyaratan uji untuk tegangan putus karet pegangan setang sepeda motor, SNI 06-7031-2004 adalah minimal 70 kg/cm². Formula kompon karet yang memenuhi persyaratan standar SNI adalah semua

formula Kompon 1 sampai formula 4. Bahan pelunak minyak biji ketapang dengan formula 2 (147 kg/cm²) memberikan nilai tegangan putus yang lebih baik sesuai dengan syarat mutu kompon untuk pegangan stang sepeda motor.

C. Perpanjangan Putus (*Elongation at break*), (%)

Perpanjangan putus adalah pertambahan panjang suatu potongan uji bila diregangkan sampai putus, dinyatakan dengan persentase dari panjang potongan uji sebelum diregangkan. Pengujian perpanjangan putus bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat tegangan dan regangan dari karet vulkanisat dan thermoplastik dan termasuk penentuan *yield point* melalui kekuatan dan pertambahan panjang vulkanisat karet ketika mengalami penarikan sampai perpanjangan tertentu dan sampai putus.



Gambar 4. Hasil uji perpanjangan putus karet pegangan setang sepeda motor dengan beberapa formula

Gambar 4 dapat dilihat hasil uji Perpanjangan Putus karet pegangan setang sepeda motor yang menggunakan beberapa formula. Hasil pengujian perpanjangan putus kompon karet pegangan setang sepeda motor nilai tertinggi terdapat pada formula 4 yaitu sebesar 720%, nilai terendah pada formula 1 yaitu sebesar 590%. Persyaratan uji untuk perpanjangan putus karet pegangan setang sepeda motor, SNI 06-7031-2004 adalah minimal 200%. Formula kompon karet yang memenuhi

persyaratan standar SNI adalah seluruh formula kompon.

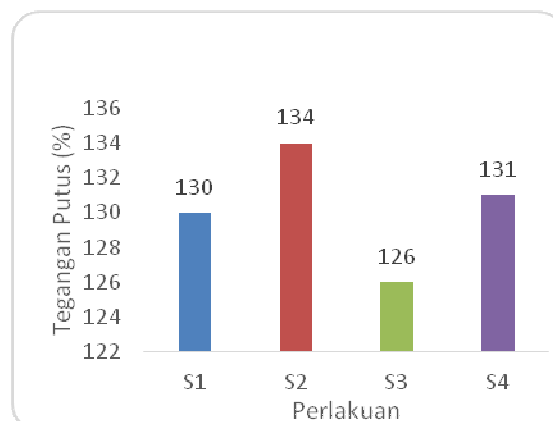
Nilai perpanjangan putus dipengaruhi oleh penambahan *Carbon black* yang digunakan, makin besar *carbon black* yang ditambahkan sebagai *filler*, semakin tinggi nilai perpanjangan putus. Penambahan *carbon black* yang tidak tepat akan mempengaruhi sifat fisika yang lain dari kompon karet. Perpanjangan putus dipengaruhi juga oleh bahan pelunak yang ditambahkan, makin tinggi bahan pelunak yang ditambahkan, makin rendah nilai yang akan dicapai. Sesuai dengan pendapat Herminiawati (1999), yang mengatakan bahwa perpanjangan putus dipengaruhi kadar bahan pengisi dan bahan pelunak. Nilai perpanjangan putus berbanding lurus dengan tegangan putus.

D. Ketahanan Usang (Ageing Resistance)

Pengusangan mengakibatkan turunnya sifat fisik barang karet, seperti karet menjadi keras, lunak dan lengket. Penurunan sifat fisik disebabkan terjadinya degradasi karet karena oksidasi oleh oksigen dan ozon. Oksidasi dipercepat dengan adanya panas, sinar ultra violet, lembab dan logam yang mengkatalisa oksidasi. Uji ketahanan usang bertujuan untuk mengetahui kemunduran sifat-sifat fisik kompon karet seperti tegangan putus, perpanjangan putus dan kekerasan setelah pengusangan dalam waktu tertentu.

1. Tegangan Putus (%)

Kemunduran tegangan putus hasil pengujian dengan nilai tertinggi pada formula 2 yaitu 134% dan terendah pada formula 3 yaitu 126%. Hasil pengujian kemunduran tegangan putus dapat dilihat pada gambar 5.



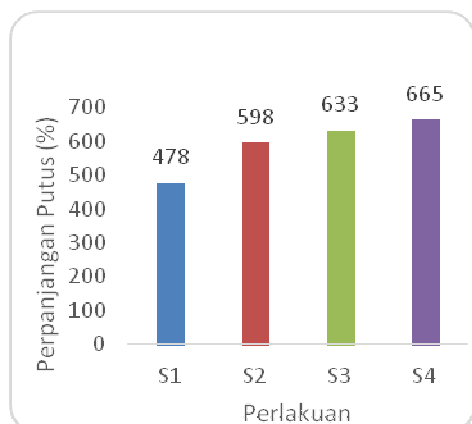
Gambar 5. Kemunduran tegangan putus kompon karet setelah pengusangan

Nilai kemunduran tegangan putus yang baik diperoleh pada formula 3, pada formula 3 nilai kemunduran tegangan putus kecil jika dibandingkan dengan nilai tegangan putus sebelum pengusangan. Hal ini disebabkan kemampuan minyak biji ketapang yang bereaksi dengan gugus aktif pada molekul karet untuk membentuk ikatan silang baru antar molekul. Ikatan silang baru mempunyai ketahanan oksidasi yang lebih baik.

2. Perpanjangan Putus (%)

Kemunduran perpanjangan putus hasil pengujian dengan nilai tertinggi pada formula 4 yaitu 665% dan terendah pada formula 1 yaitu 478%. Hasil pengujian kemunduran perpanjangan putus dapat dilihat pada gambar 6.

Nilai kemunduran perpanjangan putus setelah pengusangan yang baik diperoleh pada formula 2. Kemunduran nilai perpanjangan putus kecil jika dibandingkan dengan nilai perpanjangan putus sebelum pengusangan

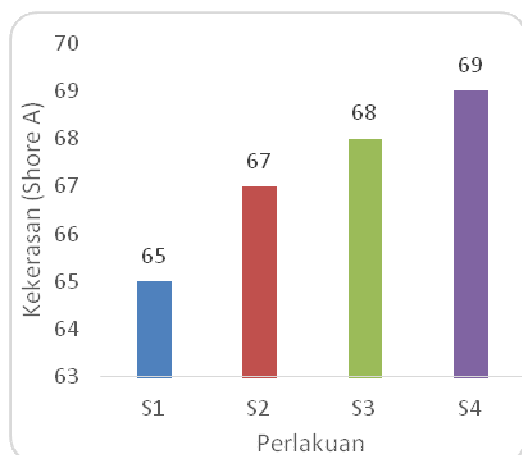


Gambar 6. Kemunduran perpanjangan putuskompon karet setelah pengusangan

Hal ini dikarenakan kemampuan minyak biji ketapang berinteraksi dengan gugus aktif molekul karet, selain itu adanya interaksi bahan pengisi *carbon black*, sehingga interaksi tersebut tidak merubah struktur ruang dari molekul karet. Modifikasi kimia yang merubah struktur ruang teratur dari molekul karet dapat menurunkan kekuatan dari karet tersebut. Selain itu penurunan perpanjangan putus dapat disebabkan meningkatnya rapat ikatan silang antar molekul karet.

3. Kekerasan (Shore A)

Kemunduran kekerasan hasil pengujian dengan nilai tertinggi pada formula 4 yaitu 69% dan terendah pada formula 1 yaitu 65. Hasil pengujian kemunduran kekerasan dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Kemunduran perpanjangan putuskomponkaret setelah pengusangan

Kekerasan kompon karet setelah pengusangan yang baik diperoleh pada formula 1. Nilai kekerasan kompon adanya perubahan setelah pengusangan dibanding sebelum pengusangan. Pada waktu pemanasan akan terjadi reaksi ikatan silang gugus aldehida dan reaksi oksidasi yang memutuskan rantai molekul karet (Refrizon, 2003).

Reaksi ikatan silang antara gugus aldehid berjalan lambat dan sangat dipengaruhi oleh tingkat kadar air yang terdapat dalam karet tersebut. Semakin kering akan semakin dipercepat terjadinya reaksi ikatan silang gugus aldehida tersebut. Kecepatan reaksi kondensasi ikatan silang aldehida lebih cepat dibandingkan kecepatan pemutusan ikatan rantai oleh reaksi oksidasi. Sehingga karet akan mengalami pengerasan setelah pengusangan dengan suhu 70 °C (Burfield, 2003).

KESIMPULAN

Perlakuan terbaik adalah formula 2 yaitu kombinasi perlakuan dengan variasi minyak biji ketapang 5 ml dan bahan pengisi carbon black 60 phrdan memenuhi standar SNI 06-7031-2004, pegangan stang. Hasil uji formula 2 untuk parameter kekerasan 69 shore A, tegangan putus 147 kg/cm² dan perpanjangan putus 605%, sedangkan hasil uji pengusangan nilai kemunduran tegangan putus yang baik diperoleh pada formula 3 yaitu 126 kg/cm², nilai kemunduran perpanjangan putus setelah pengusangan yang baik diperoleh pada formula 2 yaitu 134% dan kekerasan kompon karet setelah pengusangan yang baik diperoleh pada formula 1 yaitu 65 shore A

DAFTAR PUSTAKA

- Abednego. (1998). *Bahan Kimia Penyusun Kompon*. Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.
- Agatemor C. (2006). *Studies of selected physicochemical properties of Fluted pumkin (Telfairia Almond C Terminalia Catappia), seed oil*, Pakistan Journal of nutrition.
- Alfa, A. A. (2005). *Bahan Kimia untuk Kompon Karet*. Kursus Teknologi

- Barang Jadi Karet Padat. Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor. Bogor.
- Burfield. D. R., Lim, K.L., and Law, K.S. (2003). *Epoxidation of Natural Rubber Latices Methods of Preparation and Properties of Modified Rubbers*. Journal of Applied Polymer Science, 29(5) : 1661-1673.
- Kusnata.T. (1976). *Pengujian Fisika Karet*. Balai Penelitian Perkebunan Bogor.
- Refrizon. (2003). *Viskositas Mooney Karet Alam*. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Soedarman. (1995). *Proses Mastikasi dan Pencampuran Kompon*. Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor. Bogor.
- Thomas. J. (2005). *Pengujian sifat fisika*. Balai Penelitian dan Teknologi Karet. Bogor.